

Brasília, DF  
Dezembro, 2013

## Autores

**Waldir Aparecido  
Marouelli**

Eng. Agríc., Ph.D.  
Embrapa Hortaliças  
Brasília, DF  
waldir.marouelli@embrapa.br

**Marcos Brandão Braga**

Eng. Agr., D.Sc.  
Embrapa Hortaliças  
Brasília, DF  
marcos.braga@embrapa.br

**Tadeu Gracioli Guimarães**

Eng. Agr., D.Sc.  
Embrapa Cerrados  
Planaltina, DF  
tadeu.gracioli@embrapa.br

## Irrigação na cultura da batata

Foto: Waldir A. Marouelli



## Introdução

A batata é a hortaliça com maior área cultivada no Brasil e a segunda em volume de produção. Segundo levantamentos da produção agrícola realizados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a área colhida de batata vem reduzindo nos últimos dez anos, passando de 152 mil hectares em 2003 para 127 mil hectares em 2012. A produção de tubérculos, por outro lado, aumentou de 3,09 milhões de toneladas para 3,38 milhões de toneladas no mesmo período. Tal incremento de produção se deve à efetiva adoção de tecnologias pelos produtores, que fez com que a produtividade média de batata no Brasil aumentasse nos últimos dez anos de 20,3 t/ha para 26,6 t/ha.

As regiões Sudeste e Sul foram responsáveis por 95% de toda a batata produzida no Brasil em 2012. O Estado de Minas Gerais foi o maior produtor, com 35% da produção nacional, seguido de São Paulo com 24%, Paraná com 22% e Rio Grande do Sul com 11%. A produção nos Estados de Santa Catarina, Goiás e Bahia totalizou 8%.

As maiores produtividades médias de batata em 2012 foram obtidas nos Estados de Goiás (40 t/ha) e da Bahia (36 t/ha), enquanto os menores valores foram obtidos em Santa Catarina (19 t/ha) e no Rio Grande do Sul (18 t/ha). O Estado de Minas Gerais, principal nacional, teve produtividade média de 31 t/ha.

Produtores de batata em regiões com maiores altitudes do cerrado mineiro, goiano e baiano têm obtido produtividades entre 35 t/ha e 45 t/ha para cultivares como Ágata, Asterix, Mondial e Vivaldi. Não é incomum, todavia, encontrar nessas regiões lavouras com produtividades médias em torno de 60 t/ha. As mais altas produtividades são resultantes da adoção de melhor nível tecnológico por parte dos produtores, especialmente em relação ao uso e manejo de irrigação, realizada com sistema pivô central, adubação, qualidade da batata-semente e controle fitossanitário.

Com exceção dos estados da região Sul, sobretudo Rio Grande do Sul e Santa Catarina, o cultivo da batata no Brasil é em sua totalidade irrigado. A adoção da irrigação, mesmo em plantios realizados no período chuvoso na região Sul do país, possibilita incrementos de produtividade de até 50%, além da obtenção de tubérculos mais graúdos e com melhor aspecto físico. Tais vantagens, associadas ao menor risco de perda de produção devido à ocorrência de veranicos, têm sido responsável pelo rápido aumento da área de batata irrigada na região.

A planta de batata possui sistema radicular fasciculado que se concentra na camada mais superficial do solo. Tal característica e o elevado potencial de produção de matéria seca em curto espaço de tempo fazem com que seja uma cultura muito sensível à deficiência hídrica. Mesmo pequenos períodos de estiagem podem comprometer o sucesso da lavoura, o que torna a irrigação uma importante prática na sua produção. Em adição, plantas submetidas a condições de baixa disponibilidade de água são mais sensíveis a doenças e insetos-pragas. Por outro lado, a produtividade também pode ser prejudicada pelo excesso de água, por reduzir a aeração do solo, favorecer maior ocorrência de doenças, lixiviar nutrientes como o nitrogênio e o potássio, e dificultar a execução de algumas práticas culturais indispensáveis, como as inspeções fitossanitárias e as pulverizações de agrotóxicos dos campos de produção.

A atual circular técnica é destinada principalmente a produtores e técnicos ligados à área de produção de batata e tem por objetivo apresentar informações básicas e estratégias atuais e de relevância para o manejo adequado de irrigação no cultivo da batata.

## Sistemas de irrigação

A irrigação na cultura da batata no Brasil é praticamente toda realizada por sistemas por aspersão (Figura 1). Os sistemas de irrigação por sulco (Figura 2) e por faixa (Figura 3) praticamente não são utilizados pelos produtores brasileiros, pois requerem terrenos sistematizados, solos pouco permeáveis, demandam muita mão-de-obra, além de favorecem algumas doenças de solo e da baixa eficiência no uso da água. As principais limitações para o uso do gotejamento (Figura 4) são o alto custo de aquisição e manutenção do sistema, a dificuldade de sua adaptação e utilização em outras culturas em sucessão e/ou rotação à batata e a complexidade técnica envolvida na instalação e retirada de seus componentes para instalação em novas glebas de cultivo de batata.



Foto: Waldir A. Marouelli

**Figura 1.** Irrigação por aspersão em lavoura de batata.



Foto: Waldir A. Marouelli

**Figura 2.** Sistema de irrigação por sulco em lavoura de batata com problemas de doença de solo.



Foto: Waldir A. Marouelli



**Figura 3.** Sistema de irrigação por faixa em lavoura de batata.

Foto: Tadeu G. Guimarães



**Figura 4.** Sistema de irrigação por gotejamento em lavoura de batata.

Dentre as principais vantagens da aspersão destaca-se a possibilidade de ser utilizada em praticamente qualquer tipo de solo, terreno e cultura. A principal desvantagem é a interferência no controle fitossanitário. O molhamento foliar pela água de irrigação favorece doenças da parte aérea, especialmente em condições de alta umidade relativa do ar (UR), e promove a lavagem dos agrotóxicos protetores aplicados, diminuindo a ação de controle desses agentes.

Os sistemas por aspersão mais utilizados no cultivo da batata são os do tipo convencional, autopropelido e pivô central. Sistemas por aspersão convencional e autopropelido são utilizados essencialmente na região Sul do Brasil, no Estado de São Paulo e na região Sul de Minas. Já o sistema pivô central é muito empregado por grandes produtores de batata na região do cerrado mineiro, goiano e baiano. As vantagens e desvantagens de cada sistema devem ser consideradas de modo que

a escolha garanta o sucesso do empreendimento, que também vai depender do dimensionamento correto do sistema e do manejo adequado de irrigação durante o cultivo.

### Sistemas convencionais por aspersão

Os sistemas convencionais por aspersão são classificados em portátil, semiportátil e fixo. De um modo geral, o sistema é constituído por uma linha adutora, um conjunto motobomba, uma linha principal, uma ou mais linhas laterais e aspersores, permitindo irrigar áreas de qualquer formato (Figura 5).



Foto: Waldir A. Marouelli

**Figura 5.** Sistema de irrigação por aspersão convencional, com aspersores do tipo canhão, em lavoura de batata.

No sistema portátil, todos os componentes são deslocados manualmente dentro da área a ser irrigada. O custo inicial de aquisição do sistema é relativamente baixo (R\$2.000-4.500/ha), mas requer uso intensivo de mão-de-obra para as mudanças de posição dos componentes. No sistema fixo não existe deslocamento de nenhum dos componentes, o que reduz expressivamente o uso de mão-de-obra, mas torna o sistema mais caro (R\$7.000-15.000/ha). No semiportátil, as linhas laterais e os aspersores são deslocados manualmente, enquanto os demais componentes permanecem fixos (R\$3.000-5.500/ha).

Para lavouras de batata irrigadas por sistemas convencionais são geralmente utilizados aspersores de impacto de tamanho médio espaçados de 12 m x 18 m, 18 m x 18 m ou 18 m x 24 m. Operando com pressões entre 2 kgf/cm<sup>2</sup> e 4 kgf/cm<sup>2</sup> os sistemas proporcionam precipitações brutas que

variam entre de 10 mm/h e 25 mm/h. Também têm sido utilizados aspersores de grande porte do tipo “canhão hidráulico”, os quais requerem menor uso de mão-de-obra, mas demandam mais energia para o seu funcionamento.

### Sistema autopropelido tipo carretel enrolador

O autopropelido é um sistema mecanizado que irriga áreas de diferentes formatos e declividades, com baixa exigência de mão-de-obra e custo de aquisição variando entre R\$4.000 a R\$6.500/ha.

O equipamento é composto de uma tubulação de sucção, um conjunto motobomba, uma linha principal, um carretel enrolador e um carro irrigador, contendo um aspersor do tipo canhão (Figura 6) ou uma barra irrigadora (Figura 7). O carretel enrolador é formado pelo conjunto motriz e carretel com mangueira de polietileno, montados sobre chassi com duas a seis rodas e acoplamento à barra de tração do trator. O conjunto motriz consiste de uma turbina hidráulica e uma caixa de redução de velocidade, que faz o enrolamento da mangueira no carretel, estando o carro irrigador na outra extremidade da mangueira. A irrigação de uma faixa contínua ocorre à medida que a mangueira vai sendo enrolada. O aspersor, montado sobre duas rodas no carro irrigador, desloca-se a uma velocidade constante pré-estabelecida, em vários modelos por meio de um painel eletrônico computadorizado, irrigando, por vez, uma faixa de até 115 m de largura por até 650 m de comprimento. Após irrigar uma determinada faixa, o conjunto é facilmente deslocado para irrigar faixas adjacentes.



Foto: Carlos Timmermann

**Figura 7.** Sistema de irrigação por aspersão tipo autopropelido com barra irrigadora em lavoura de batata.

vantagens os antigos sistemas autopropelidos, onde todo o conjunto motriz se deslocava juntamente com o aspersor ao longo da faixa irrigada arrastando uma mangueira flexível. Dentre as vantagens destacam-se o melhor controle de velocidade de deslocamento do carro irrigador e o menor tamanho de gotas dos canhões atuais.

A barra irrigadora pode substituir o aspersor do tipo canhão em áreas de menor declividade com a vantagem de uma melhor uniformidade de distribuição de água e gotas de menor diâmetro. A barra, que pode ter comprimento superior a 50 m, é dotada de aspersores do tipo difusor (*sprays*) que trabalham com pressão de serviço entre 1 kgf/cm<sup>2</sup> e 3 kgf/cm<sup>2</sup>, o que reduz o consumo de energia. Nesse caso, a barra é montada sobre um carro com quatro rodas, que permite ajustar a altura da barra e utiliza o mesmo sistema de deslocamento de carretel enrolador.

Enquanto as constantes mudanças de tubulações e de aspersores em lavouras de batata irrigadas por sistemas por aspersão convencional portátil e semiportátil favorecem maior incidência de algumas doenças, devido ao pisoteio e injúrias às plantas, isso praticamente não ocorre com o uso do autopropelido. Por estas e outras razões descritas acima, o sistema autopropelido tem se difundindo em algumas regiões específicas de produção de batata.

### Sistema pivô central

O pivô central (Figura 8) é um equipamento mecanizado que irriga áreas circulares. Consiste de uma linha lateral de aspersores, com comprimento

Foto: Carlos Timmermann



**Figura 6.** Sistema de irrigação por aspersão tipo autopropelido, com carretel enrolador em primeiro plano e carro irrigador ao fundo, em lavoura de batata.



entre 100 m e 600 m, montada sobre torres metálicas com rodas, as quais são movimentadas por motores elétricos posicionados em cada torre. Uma das extremidades da lateral é ancorada no centro da área, por onde entra a água pressurizada, enquanto a outra se movimenta sobre as torres em trajetória circular. Operando a uma velocidade constante pré-estabelecida, o sistema é capaz de aplicar, de forma automatizada e uniforme, a lâmina de água desejada, sem que seja necessária a presença humana no local.

Foto: Waldir A. Marouelli



**Figura 8.** Sistema de irrigação por aspersão tipo pivô central em lavoura de batata.

O custo do equipamento por unidade de área irrigada é o maior dentre os sistemas de aspersão, exceção ao convencional fixo, porém, diminui com o aumento da área irrigada pelo sistema (R\$4.500-9.000/ha). O pivô central apresenta como vantagens a baixíssima demanda de mão-de-obra, a alta uniformidade de distribuição de água e o menor uso de energia em relação aos sistemas convencionais e autopropelido. Aspersores de baixa pressão (1-2 kgf/cm<sup>2</sup>), do tipo difusor, têm sido largamente utilizados pelo menor gasto com energia elétrica.

Em relação aos demais sistemas por aspersão, o pivô central apresenta duas desvantagens principais. A primeira é a dificuldade do manejo de irrigação para atender, de forma correta, as necessidades de água de vários plantios escalonados em um mesmo pivô. A segunda é a dificuldade de mudar o equipamento para outras áreas ao final de cada safra. Desse modo, o manejo impróprio do solo, da irrigação e a rotação inadequada de culturas favorecem maior incidência e acúmulo de patógenos no solo. Atualmente, esta dificuldade

pode ser parcialmente contornada com o uso de pivô central rebocável, sistema com dispositivos que possibilitam o deslocamento do equipamento para uma área adjacente, sem a necessidade de desmontá-lo.

### Dimensionamento e manutenção de sistemas

Procedimentos para o dimensionamento agrônomo, operacional e hidráulico de sistemas de irrigação envolvem vários cálculos e procedimentos técnicos, devendo ser realizado por profissionais especializados. O dimensionamento agrônomo abrange a determinação de parâmetros ligados à planta, ao solo e ao clima, como por exemplo, a demanda máxima de água pela cultura, capacidade de retenção de água pelo solo e intervalo entre irrigações. O dimensionamento operacional envolve informações relacionadas à disponibilidade de mão-de-obra, horários de irrigação, tipo de sistema e de aspersores, distribuição do sistema no campo, dentre outros fatores que podem afetar o bom funcionamento e operação do sistema no campo. O dimensionamento hidráulico inclui, entre outros aspectos, a determinação de diâmetros e comprimentos de tubulações, do modelo e potência da motobomba e da taxa de aplicação de água. Para evitar insucessos, o sistema de irrigação deve ser dimensionado de forma a suprir a necessidade máxima de água da cultura, mesmo durante anos e períodos mais críticos.

Sistemas de irrigação com problemas de dimensionamento distribuem água de maneira desuniforme, comprometendo a produção, aumentando os gastos de água e de energia e acarretando perdas de nutrientes por lixiviação, além de tornar mais difícil suprir as necessidades hídricas da cultura em períodos de alta demanda. Muitas vezes, no entanto, um sistema de irrigação, inicialmente dimensionado e instalado de forma adequada, pode sofrer modificações ou ser transferido para outras áreas sem a devida orientação técnica, comprometendo seu desempenho.

Um problema verificado principalmente em áreas irrigadas com pivô central é a ocorrência de escoamento superficial no final da linha lateral móvel. Como a velocidade de deslocamento das torres aumenta à medida que se afasta da extremidade ancorada no centro da área, a taxa de

aplicação de água na seção final da lateral é muito maior que nas seções iniciais. Assim, para se evitar problemas de erosão laminar, principalmente em solos com maior declividade, com consequentes perdas de água, solo e nutrientes, é fundamental avaliar a velocidade de infiltração básica de água no solo antes de se dimensionar e instalar o sistema de irrigação.

A manutenção preventiva e adequada de um sistema de irrigação tem por objetivo aumentar sua vida útil e mantê-lo irrigando eficientemente ano após ano. Bombas, motores e demais partes móveis do sistema devem ser mantidas conforme indicado pelo fabricante. Aspersores devem funcionar em posição vertical e serem inspecionados periodicamente. Borrachas de vedação, registros, válvulas de derivação e outros acessórios devem ser substituídos quando apresentarem sinais de vazamentos. Vazamentos, mesmo que pequenos, provocam desperdício de água e de energia, diminuem a pressão de serviço do sistema e a lâmina de água aplicada.

Os cuidados mais importantes com o sistema de irrigação estão relacionados, sobretudo, à pressão de serviço. Pressão abaixo da recomendada prejudica a uniformidade de distribuição de água e, consequentemente, a produtividade da cultura. Pressão muito alta compromete a vida útil da tubulação, acarreta maior consumo de energia e, no caso da aspersão, ocasiona a formação de gotas de água muito pequenas, favorecendo maior evaporação e deriva de água, principalmente em dias com alta temperatura, baixa UR e vento forte.

Existem no mercado empresas especializadas que prestam serviço para avaliação da uniformidade de distribuição de água, especialmente para sistemas pivô central, e realização de serviços de manutenção e para solucionar problemas de baixa eficiência. A avaliação deve ser realizada a cada dois anos, pelo menos, enquanto a manutenção do sistema deve ocorrer a cada safra.

### Eficiência de irrigação

A eficiência de irrigação em sistemas por aspersão engloba a uniformidade com que a água é distribuída sobre a área irrigada e as perdas de água por evaporação e por arrastamento pelo vento, ou seja, é calculada em função da uniformidade de

distribuição e da eficiência de aplicação de água pelo sistema. Assim, a eficiência depende de fatores como tipo de sistema, dimensionamento hidráulico, manutenção e condições climáticas, e tem efeito direto sobre a produtividade da cultura da batata.

Valores aceitáveis de eficiência para sistemas por aspersão convencional variam de 65% a 75% para aqueles classificados como portátil, 70% a 80% para semiportátil e 75% a 90% para fixo. Para sistemas do tipo autopropelido varia entre 65% e 80% e para pivô central entre 85% e 90%. Na prática é comum encontrar sistemas operando com eficiência muito abaixo dos valores acima. Além de ser um dos principais parâmetros para a avaliação do sistema, a eficiência de irrigação é utilizada para o cálculo da lâmina total de água a ser aplicada. Para suprir a necessidade de água de uma mesma lavoura, um sistema de irrigação com baixa eficiência terá que funcionar por muito mais tempo e aplicar um volume de água maior do que aquele que seria aplicado por um sistema de elevada eficiência.

## Associação da irrigação com doenças

Ainda que a água tenha influência na ocorrência e na severidade na maioria das doenças de solo e de parte aérea da batata, a maior parte dos agricultores irriga suas lavouras de forma inadequada, e aplicam, em geral, água em excesso. Sem dúvida, a irrigação é uma das práticas culturais que mais influenciam a sanidade da cultura da batata, e, por isso, deve ser considerada no manejo integrado de doenças.

Irrigações excessivas, especialmente em solos com problema de drenagem, favorecem várias doenças de solo, como murcha-bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), sarna-prateada (*Helminthosporium solani*), sarna-pulverulenta (*Spongospora subterranea*) e canela-preta / podridão-mole (*Pectobacterium* spp.).

Durante o estágio inicial de estabelecimento da lavoura, o excesso de água reduz a quantidade de oxigênio no solo e favorece a multiplicação e a infecção de brotos e hastes pela *Pectobacterium* spp., especialmente em condições de temperatura elevada. Já a falta de água retarda a emergência das hastes, o que deixa os brotos por mais tempo expostos ao ataque de patógenos, como o fungo



*Rhizoctonia solani*. A baixa umidade do solo, especialmente no início da tuberização, favorece ainda a ocorrência da sarna-comum (*Streptomyces scabies*).

A irrigação por aspersão, notadamente quando em regime de alta frequência, cria condições de elevada umidade no interior do dossel vegetal, o que favorece a ocorrência de doenças da parte aérea, como a requeima (*Phytophthora infestans*) e a pinta-preta (*Alternaria* spp.). Por outro lado, a aspersão pode ter algum efeito supressivo em certas viroses, por reduzir o crescimento populacional e a dispersão de insetos vetores, como de pulgões, além de reduzir a ocorrência de traça-comum (*Phthorimaea operculella*).

Fungos e bactérias necessitam, em geral, de água livre para iniciar o processo infeccioso, sendo o tempo de molhamento foliar aspecto decisivo no estabelecimento de várias doenças. No caso da aspersão, o tempo de molhamento pode ir desde minutos até algumas horas, dependendo do horário e duração da irrigação, do adensamento foliar e, principalmente, das condições climáticas predominantes, sobretudo vento, UR e temperatura do ar.

Dependendo da região e da época do ano, é comum a ocorrência de orvalho durante a noite. Se irrigação por aspersão for realizada no final da tarde, o tempo total de molhamento foliar pode se estender por várias horas. Já se a irrigação for coincidente com o período de orvalho, não se terá o efeito aditivo do tempo de molhamento causado pela irrigação e pelo orvalho. Como a formação do orvalho ocorre durante a noite e pode permanecer sobre as plantas durante as primeiras horas do dia, o produtor deve irrigar, preferencialmente, no período que as plantas estiverem molhadas pelo orvalho.

Deve-se considerar que vários patógenos de parte aérea produzem esporos à noite, e os dissemina pela manhã. Dessa forma, irrigações matinais poderão desalojar e dispersar os esporos, além de prover umidade para a germinação dos mesmos. No caso de esporos de *Phytophthora infestans*, que não se mantêm viáveis durante todo o dia em condições de baixa UR, deve-se considerar a estratégia de se irrigar no período noturno. Há ainda esporos, como de *Alternaria* spp., que permanecem viáveis durante todo o dia, mesmo em condições de baixa

UR. Nesse caso, o horário da irrigação poderá não ser tão determinante caso a ocorrência de orvalho seja suficiente para iniciar o processo infeccioso. No caso do mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), cujo patógeno é favorecido por condições de baixas temperaturas e alta UR do ar, devem-se evitar irrigações noturnas, pois a temperatura é menor durante a noite.

A resposta sobre o melhor horário de se irrigar, no que se refere ao manejo integrado de doenças, depende, portanto, de diversos fatores, como grupo ou espécie de patógeno, arquitetura da planta, duração da irrigação, tempo de molhamento foliar, UR e velocidade do vento. Como regra geral, deve-se irrigar em horário que minimize o tempo de molhamento foliar, que é dependente da ocorrência de orvalho, do sistema de irrigação e das condições climáticas predominantes. Assim, deve-se irrigar preferencialmente durante a noite em condições onde há formação de orvalho e, em alguns casos, para patógenos que produzem esporos que são liberados durante o dia. Para condições onde a ocorrência de orvalho é desprezível e, especialmente, para patógenos que produzem esporos que são liberados à noite, a recomendação geral é de se irrigar no período após as primeiras horas da manhã (a partir das 10 h) e antes do final da tarde (até às 15h30min), quando a evaporação da água é maior e, por conseguinte, a secagem das folhas e hastes é mais rápida.

Irrigações diurnas, quando não há ocorrência de orvalho, se fazem mais convenientes, do ponto de vista operacional da propriedade agrícola, mesmo no caso de patógenos que produzem esporos que são liberados durante o dia. Desde que não se irrigue no final da tarde, as folhas e hastes podem secar antes do anoitecer. Por outro lado, plantios de verão, mais sujeitos ao ataque de *Pectobacterium* spp., não devem ser irrigados nos horários mais quentes do dia, pois esta bactéria se multiplica rapidamente em condições de alta temperatura e umidade.

Pontos de encharcamento em campos de produção de batata (Figura 9) muitas vezes se transformam em focos de disseminação e multiplicação de vários patógenos de solo. Isso pode ocorrer devido a problemas de vazamentos nas tubulações, de baixa uniformidade de distribuição de água pelo sistema de irrigação, de drenagem deficiente e de depressões no solo geralmente advindas

da compactação promovida por máquinas e implementos (Figura 10). Focos de doenças, como a canela-preta, são inicialmente observados nas fileiras de plantas próximas aos carregadores e às trilhas percorridas pelas rodas do pivô central, ou ainda nas linhas laterais em sistemas por aspersão convencional, sendo favorecidas pelo excesso de umidade e pelas injúrias às plantas devido ao trânsito de tratores, implementos e equipamentos de irrigação.

Foto: Carlos A. Lopes



**Figura 9.** Encharcamento do solo em lavoura de batata em virtude de excesso de irrigação e compactação do solo por máquinas agrícolas.

Foto: Carlos A. Lopes



**Figura 10.** Foco de doenças em lavoura de batata em virtude de excesso de irrigação, favorecido pela compactação do solo e quebra de hastes devido ao trânsito de máquinas agrícolas.

Algumas doenças podem também se espalhar na lavoura pela água de irrigação, caso esta esteja contaminada por patógenos. Fontes, especialmente aquelas onde a água permanece parada, podem receber água de escoamento superficial de lavouras adjacentes que contenham plantas doentes. Assim,

o conhecimento da origem e da qualidade da água é importante para minimizar tais riscos.

Além das doenças de origem biótica podem ocorrer vários distúrbios fisiológicos de tubérculos provocados por estresses ambientais que afetam o metabolismo da planta, dentre os quais aqueles associados à irrigação. Similarmente ao que ocorre com as doenças bióticas, as cultivares de batata podem apresentar comportamento diferenciado quanto à susceptibilidade a distúrbios abióticos. Desse modo, cultivares tolerantes raramente apresentam tais distúrbios, mesmo em condições extremas de estresse hídrico.

Plantas de batata irrigadas em excesso, sobretudo durante o período de emissão dos estolões e início de tuberização, apresentam maior potencialidade para a formação de coração-oco, especialmente em cultivares de tubérculos muito grandes, e de coração-preto. Em contraste, a deficiência de água durante o crescimento inicial de tubérculos pode provocar aumento do teor de açúcar na parte basal do tubérculo, em detrimento do amido, inviabilizando seu uso para fritura.

A ocorrência de desequilíbrio hídrico ao longo ao estágio de crescimento de tubérculos pode provocar crescimento secundário (embonecamento) e rachaduras nos tubérculos de cultivares mais sensíveis. Tais problemas ocorrem como consequência da interrupção do crescimento normal do tubérculo, devido a um período de deficiência hídrica, e ao posterior crescimento acelerado em decorrência do restabelecimento do suprimento hídrico (por chuva ou irrigação) ou até mesmo de adubação nitrogenada em excesso. O desequilíbrio hídrico pode ainda favorecer os distúrbios conhecidos como “unhadura” e coração-oco.

Condições de deficiência ou excesso de água no solo próximo à colheita podem também comprometer a qualidade pós-colheita da batata. Tubérculos colhidos relativamente desidratados, como resultado de baixa umidade no solo por ocasião da colheita, são mais susceptíveis a problemas de esfoladura. Assim, a manutenção de umidade adequada no solo a partir da senescência ou mesmo morte da parte aérea até a colheita dos tubérculos é fundamental para a obtenção de batatas com pele de boa



qualidade. Ademais, a antecipação da data da última irrigação pode favorecer o ataque de traça-comum aos tubérculos, uma vez que reduz a umidade e favorece rachaduras no solo. Dependendo da cultivar e, especialmente, em solos que ao secarem há a formação de pequenas galerias e rachaduras, as irrigações devem ser realizadas até mais próximo à colheita (1 a 3 dias), visto que o impacto das gotas de água e o molhamento do solo concorrem para o fechamento destas rachaduras, o que reduz a exposição dos tubérculos.

Batatas muito túrgidas em razão de alta umidade no solo na colheita são mais sujeitas à unhadura. Tubérculos produzidos nessas condições podem também apresentar lenticelas excessivamente desenvolvidas (lenticelose), o que desvaloriza o produto e favorece a penetração de patógenos, como nematóides e *Pectobacterium* spp. A lenticelose é também favorecida pelo excesso de água durante o estágio de crescimento de tubérculos.

No que se refere ao manejo de doenças, as regas devem ser realizadas de forma que não interfiram negativamente nas pulverizações de agrotóxicos. Especialmente no cerrado mineiro e goiano, cultivos de outono-inverno são pulverizados semanalmente, enquanto em cultivos de verão, época em que ocorre maior concentração das chuvas e pressão de patógenos, até duas pulverizações são realizadas por semana. Assim, as irrigações devem ser manejadas, quando possível, seguindo planejamento semanal, considerando a criação de “janelas” (dias sem irrigação) para realização das pulverizações. Ademais, o solo deve apresentar condições de umidade que permitam o trânsito de tratores e de pulverizadores, oferecendo pouco ou nenhum risco de atolamento ou de acidente. Neste contexto, é interessante aplicar lâminas ligeiramente maiores na irrigação anterior à pulverização, de forma que a cultura não seja irrigada novamente no dia seguinte à pulverização, o que acarretaria na lavagem dos produtos recém-aplicados e redução na sua eficiência.

Em pivô central, podem-se adotar estratégias distintas de pulverização e irrigação, dividindo esquematicamente a área irrigada em, por exemplo, duas metades. Enquanto a primeira metade é irrigada no 1º dia e pulverizada no 2º dia, a outra

seria irrigada no 2º dia e pulverizada no 3º dia, sendo assim, tratadas quase que como plantios independentes.

## Necessidades de água da cultura

A água é o principal componente das plantas de batata, compondo de 90% a 95% dos tecidos verdes e de 75% a 85% dos tubérculos, sendo necessários entre 80 L e 150 L de água para produzir um quilograma de tubérculos.

A demanda de água pelas plantas é dependente das condições climáticas, da cultivar, do estágio atual de desenvolvimento das plantas e do sistema de cultivo, principalmente. A evapotranspiração total da cultura, que representa a soma da água transpirada pelas plantas mais a evaporada do solo e da superfície das plantas, varia entre 250 mm a 550 mm por ciclo de cultivo. Para cultivares mais exigentes, de ciclo longo ou em regiões de alta demanda evaporativa, a evapotranspiração total pode superar 600 mm. A duração do ciclo nas condições brasileiras varia de 85 dias a 120 dias, sendo dependente da cultivar, sistema de cultivo e das condições ambientais. Na produção de batata-semente, o ciclo pode ser inferior a 85 dias.

A batata é considerada como uma cultura exigente em água, sendo altamente sensível ao estresse hídrico, seja esse caracterizado pela falta ou pelo excesso de água. Depende de suprimento adequado de água durante todos os estágios de desenvolvimento da planta, existindo correlação direta entre disponibilidade de água no solo para as plantas e a produtividade de tubérculos. Porém, as exigências hídricas de cada estágio de desenvolvimento são distintas, o que torna o conhecimento dos padrões de crescimento da planta de batata fator importante para a adoção das práticas de irrigação.

A demanda de água durante o período inicial de desenvolvimento da cultura da batata é pequena, pois a água é necessária apenas para a emergência das hastes e crescimento inicial das plântulas. A demanda aumenta sensivelmente a partir do início da tuberação, quando a matéria seca produzida pela fotossíntese passa a ser direcionada quase que totalmente para promover o crescimento dos tubérculos.

A baixa tolerância à seca da cultura da batata deve-se ao fato das plantas apresentarem sistema radicular superficial e pouco ramificado, à sensível redução do transporte de fotoassimilados das folhas para as raízes e à tendência de fechamento dos estômatos inclusive em condições de deficiência hídrica moderada.

Para fins de requerimento hídrico, o ciclo de desenvolvimento pode ser dividido em cinco estádios (Figura 11): inicial; vegetativo; estolonização e início de tuberização; crescimento de tubérculos; e maturação.

### Estádio inicial

O estágio inicial vai do plantio da batata-semente até a emergência das hastes, com duração média de 7 dias a 10 dias. Grande parte da necessidade de irrigação se refere à evaporação de água do solo, que será tanto maior quanto mais frequente forem realizadas as irrigações.

O excesso de água é prejudicial, pois reduz a aeração do solo, dificulta a respiração dos tubérculos e favorece a multiplicação de vários patógenos de solo, podendo comprometer o estande de plantas (Figura 12). Assim, devem-se evitar plantios em solos compactados, com drenagem deficiente ou de textura muito argilosa. Além de favorecer o apodrecimento da batata-semente, o excesso de água dificulta o aquecimento do solo, atrasando a emergência das hastes. A deficiência de água provoca queima de brotos, retarda a emergência e acarreta falha de estande.

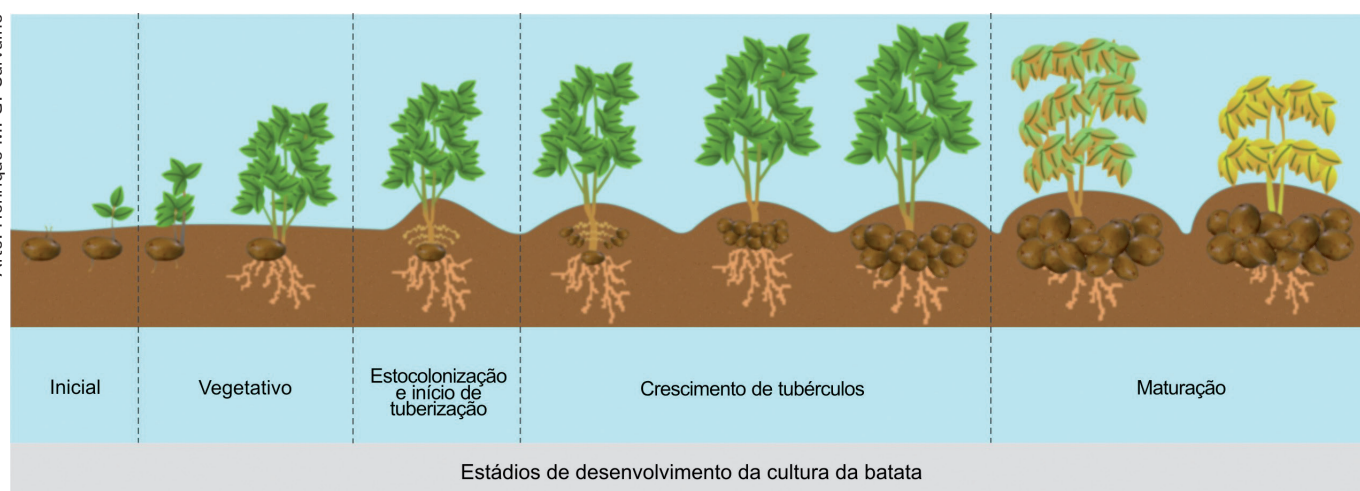


Foto: Carlos A. Lopes

**Figura 12.** Falhas de estande pelo apodrecimento da batata-semente em virtude de excesso de irrigação antes da emergência, em solo com drenagem deficiente.

É recomendado que o plantio da batata-semente seja realizado em solo úmido, mas não encharcado, e que seja evitado irrigações adicionais até a emergência das hastes. Se a umidade inicial não for satisfatória, deve-se promover uma irrigação entre um a três dias antes do plantio, respectivamente para solos arenosos e argilosos, com lâmina suficiente para elevar a umidade até próximo à capacidade de campo na camada de 30 cm. Para solo seco, sugere-se aplicar uma lâmina entre 15 mm, para textura grossa, e 40 mm, para textura fina, sendo que para solo argiloso de cerrado sugere-se a aplicação de uma lâmina intermediária. No caso de solo arenoso e/ou em condição de alta evaporação, pode ser necessário realizar de uma a duas irrigações entre o plantio e a emergência das hastes.

Arte: Henrique M. G. Carvalho



**Figura 11.** Diagrama com os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da batata.



### **Estádio vegetativo**

O estágio vegetativo compreende o período que vai da emergência das hastes até o aparecimento dos estolões, com duração de 15 dias a 20 dias. À medida que o sistema radicular e a parte aérea se desenvolvem aumenta a exigência de água pelas plantas.

A deficiência moderada de água no solo pode limitar o crescimento das plantas, mas não chega a comprometer consideravelmente a produtividade caso as irrigações sejam adequadas nos estádios subsequentes. Irrigações em excesso durante o estágio vegetativo favorecem maior incidência de doenças de solo e da parte aérea. As regas devem ser frequentes e em pequena quantidade, uma vez que o sistema radicular da cultura é ainda superficial (10-20 cm) e a evapotranspiração é cerca de 50% da que se verifica no estágio de máxima demanda de água.

### **Estádio de estolonização e início de tuberização**

Engloba o período que vai do início da formação dos estolões até o crescimento inicial dos tubérculos, com duração de 15 dias a 20 dias. É o estágio mais crítico à deficiência de água no solo. A falta de água, principalmente no início da tuberização, reduz o número de tubérculos por planta.

Condições de alta umidade no solo podem aumentar o número de tubérculos por planta em cultivares com tendência à formação de muitos tubérculos, com consequente diminuição do seu tamanho. Dessa forma, uma boa estratégia para a produção de batata-semente é manter condições favoráveis de água no solo durante a tuberização visando maximizar o número de tubérculos por planta.

### **Estádio de crescimento de tubérculos**

O estágio de crescimento de tubérculos vai do início da tuberização até o início da senescência das plantas, com duração de 40 dias a 55 dias. É caracterizado pelo rápido crescimento da parte aérea e acúmulo de substâncias de reserva (fotoassimilados) nos tubérculos, com consequente aumento na demanda hídrica pelas plantas.

É o segundo estágio mais crítico à deficiência de água e é aquele onde as plantas requerem maior

quantidade de água. Condições hídricas ótimas favorecem a obtenção de tubérculos mais graúdos, com maior teor de amido e com melhor conservação pós-colheita e qualidade culinária.

A estratégia de irrigação para a obtenção de batatas graúdas deve ser a de fornecer quantidades moderadas de água no início da tuberização, visando otimizar o número de tubérculos por plantas, e, a partir de então, aplicar quantidades suficientes para maximizar o crescimento dos tubérculos.

### **Estádio de maturação**

O estágio de maturação, que vai do início da senescência das plantas até a colheita dos tubérculos (10-15 dias), é o mais tolerante à deficiência hídrica. Devido principalmente à perda da folhagem, ocorre redução acentuada na demanda de água pelas plantas.

Solos muito secos ou úmidos podem dificultar a colheita e depreciar a qualidade e a conservação pós-colheita dos tubérculos. Logo, as irrigações devem ser suspensas, em época adequada, antes da colheita.

## **Manejo da água de irrigação**

Embora a produção de batata seja usualmente associada a um elevado nível tecnológico, sabe-se que a irrigação na cultura é realizada de forma inadequada pela grande maioria dos produtores. As regas são geralmente realizadas a partir de observações visuais da umidade na superfície do solo e/ou da aparência das plantas, de experiências adotadas em safras anteriores, mesmo de outras culturas, ou até mesmo de produtores vizinhos. Mesmo sendo as irrigações realizadas geralmente em excesso, as plantas são também, muitas vezes, submetidas a condições de deficiência hídrica. Por conseguinte, é possível aumentar a produtividade de tubérculos em até 20% e reduzir a lâmina total de irrigação em até 30%, somente manejando a irrigação corretamente.

Entende-se por manejo racional da água de irrigação um conjunto de procedimentos visando determinar o momento adequado de se irrigar (quando irrigar?) e a quantidade correta de água de ser aplicada a cada irrigação (quanto irrigar?).

Devem-se irrigar em tempo de prevenir que a deficiência de água no solo prejudique as plantas e reduza a produtividade de tubérculos. Contudo, situações ou práticas específicas de manejo da cultura podem demandar alterações nas datas das irrigações, o que deve ser considerado pelo produtor. Por certo, deve-se irrigar antes da aplicação foliar de agrotóxicos ou logo após a realização de adubações de cobertura, principalmente se as irrigações forem realizadas por aspersão.

A quantidade de água a ser fornecida a cada irrigação é, em regra, aquela necessária para que a camada de solo correspondente à profundidade efetiva do sistema radicular da cultura (camada de solo onde se concentram cerca de 80% das raízes) retorne a sua condição de capacidade de campo. No caso de água ou solo com problemas de salinidade, o que pode ocorrer em regiões áridas e semiáridas, deve-se aplicar uma fração de água adicional para manter o adequado balanço de sais na zona radicular.

Vários são os métodos disponíveis para o manejo da água de irrigação. Vão desde aqueles mais simples, tendo como base observações visuais do solo e da planta, até os mais complexos, que utilizam sensores, programas computacionais e transmissão de dados via satélite. O custo, a precisão e a simplicidade de operacionalização dependem do nível de sofisticação do método utilizado. Atualmente, existem no mercado empresas especializadas que ofertam serviços e programas computacionais para realização do manejo de água em tempo real.

Métodos simples, como do tato-aparência e do calendário de irrigação, podem ser utilizados por produtores com pouca experiência em irrigação ou em pequenas áreas de produção. Para produtores mais experientes e com maior capacidade de investimento, pode ser mais lucrativo utilizar métodos mais precisos, como aqueles baseados na avaliação, em tempo real, da tensão de água no solo e/ou da evapotranspiração da cultura (ETc).

Independente da estratégia de manejo a ser adotada, a escolha do local para o cultivo da batata é muito importante, principalmente em áreas irrigadas por pivô central. Devem-se preferir áreas uniformes, quanto ao tipo de solo, cobertura vegetal

e declividade. No caso de um pivô central instalado em local com distintos tipos de solos e condições de drenagem, situação comum em áreas de produção, ter-se-á problemas de excesso e/ou de falta de água em locais específicos dentro da área irrigada pelo pivô central. Caso áreas com condições distintas de drenagem e/ou retenção de água estejam localizadas em um setor específico do pivô central, deve-se tentar adotar estratégias distintas de irrigação para cada área, a fim de se evitar tais problemas.

### **Métodos com base em medidas na planta**

Existem diversos indicadores baseados em avaliações da planta que podem ser utilizados, em teoria, para determinar o momento de se irrigar a cultura da batata, tais como aparência visual, potencial de água e temperatura das folhas. Esses e vários outros indicadores baseados na planta não possibilitam estimar a lâmina de água necessária a ser aplicada a cada irrigação e são geralmente pouco sensíveis e confiáveis para indicar o momento de se irrigar a cultura.

Na prática, muitos produtores têm definido o momento de se irrigar com base na aparência visual de deficiência de água na planta. Contudo, quando sintomas visuais de deficiência são apresentados pela planta de batata, as atividades fisiológicas e a produtividade de tubérculos já terão sido comprometidas. Por exemplo, irrigar somente quando sintomas visuais de murchamento e folhas com coloração verde mais escuro forem verificados pode acarretar queda de produtividade acima de 20%.

### **Método do calendário de irrigação**

O procedimento consiste em pré-estabelecer turnos de regas (intervalo entre irrigações) e lâminas de irrigação para cada estágio da cultura em função de dados climáticos históricos disponíveis para a região, do tipo de solo e da profundidade efetiva do sistema radicular. Simples, o método não requer o uso de equipamento ou cálculos complicados para determinar quando e quanto irrigar.

Por utilizar valores históricos de ETc, o método do calendário de irrigação é menos preciso que aqueles para manejo em tempo real. Apresenta melhor precisão em regiões áridas e semiáridas ou durante estações secas, devido a menor variabilidade da



ET<sub>c</sub>, sendo indicado principalmente para pequenos produtores que não dispõem de recursos técnicos e financeiros para utilizar outros métodos. Assim, não é indicado para produtores que já irrigam de forma precisa, utilizando-se, por exemplo, sensores de umidade do solo e/ou procedimentos para a estimativa da ET<sub>c</sub> em tempo real.

Um procedimento simplificado para o manejo da água de irrigação por aspersão na cultura da batata é apresentado a seguir (passos 1 a 9). Para tal, foram desenvolvidas tabelas para a estimativa da ET<sub>c</sub>, do turno de rega e da época de paralisação das irrigações (Tabelas 1 a 3).

**Tabela 1.** Evapotranspiração da cultura (mm/dia), conforme a temperatura, umidade relativa média do ar (UR<sub>m</sub>) e estágio de desenvolvimento da batata.

UR <sub>m</sub> (%)	Temperatura (°C)										
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
<b>Estádios inicial e vegetativo</b>											
40	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4
50	1,8	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5
60	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6
70	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7
80	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8
90	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9
<b>Estádio de estolonização e início de tuberização</b>											
40	3,5	3,9	4,4	4,8	5,3	5,8	6,4	6,9	7,5	8,1	8,7
50	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3
60	2,4	2,6	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8
70	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4
80	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9
90	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5
<b>Estádio de crescimento de tubérculos</b>											
40	4,6	5,2	5,7	6,4	7,0	7,7	8,4	9,1	9,8	10,6	11,4
50	3,9	4,3	4,8	5,3	5,8	6,4	7,0	7,6	8,2	8,8	9,5
60	3,1	3,4	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6
70	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7
80	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
90	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
<b>Estádio de maturação</b>											
40	3,1	3,4	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6
50	2,6	2,9	3,2	3,5	3,9	4,3	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4
60	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1
70	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
80	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5
90	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3

Fonte: adaptado de Marouelli *et al.* (2008) e Marouelli & Fontes (2011).

**Tabela 2.** Sugestões de turno de rega durante o estágio inicial e de época de paralisação das irrigações para a cultura da batata, conforme a textura do solo e a evapotranspiração da cultura (ETc).

Turno de rega (dias)					
ETc < 2,5 mm/dia			ETc > 2,5 mm/dia		
Textura do solo			Textura do solo		
Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
2	4	6	2	3	4
Paralisação das irrigações (dias antes da colheita)					
ETc < 3,5 mm/dia			ETc > 3,5 mm/dia		
Textura do solo			Textura do solo		
Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
5	7	10	3	5	7

Fonte: adaptado de Marouelli *et al.* (2008) e Marouelli & Fontes (2011).

**Tabela 3.** Turno de rega (dia) para a cultura da batata, conforme a evapotranspiração da cultura (ETc), profundidade de raízes e textura do solo.

ETc (mm/dia)	Profundidade efetiva de raízes (cm)								
	10			20			30		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
1	3	5	8	6	11	16	--	--	--
2	1	3	4	3	5	8	4	8	12
3	1	2	3	2	4	5	3	5	8
4	1	1	2	1	3	4	2	4	6
5	1	1	2	1	2	3	2	3	5
6	2xdia	1	1	1	2	3	1	3	4
7	2xdia	1	1	1	2	2	1	2	3
8	--	--	--	1	1	2	1	2	3
9	--	--	--	1	1	2	1	2	3
10	--	--	--	1	1	2	1	2	2
11	--	--	--	1	1	1	1	1	2
12	--	--	--	--	--	--	1	1	2

Fonte: adaptado de Marouelli *et al.* (2008) e Marouelli & Fontes (2011).

**Passo 1:** Determinar, pela Tabela 1, a ETc para cada estágio de desenvolvimento da cultura, conforme os dados históricos de temperatura e UR média do ar na região.

Dados climáticos podem, muitas vezes, ser obtidos nos escritórios locais de extensão rural e ou no site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

**Passo 2:** Determinar a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura (Z) para cada estágio da cultura.

As raízes das plantas atingem profundidade máxima na primeira metade do estágio de crescimento de tubérculos. A profundidade efetiva

máxima, para a maioria das áreas de produção no Brasil, situa-se em torno de 30 cm. Deve, porém, ser avaliada para cada estágio e local de cultivo, pois é altamente afetada pelas condições de solo e de manejo. A avaliação pode ser feita visualmente por meio da abertura de uma trincheira perpendicular à linha de plantas. Em termos gerais, Z varia de 10 cm a 15 cm no estágio vegetativo, de 15 cm a 25 cm no estágio de estolonização e início de tuberização e de 30 cm a 35 cm nos estágios de crescimento de tubérculos e de maturação.

**Passo 3:** Determinar a textura do solo a partir de sua classe textural, conforme seguir:



- Textura fina: franco-argilo-siltoso, franco-argiloso, argila arenosa, argila siltosa, argila, muito argiloso.
- Textura média: franco, franco-siltoso, franco-argilo-arenoso, silte.
- Textura grossa: areia, areia franca, franco-arenoso.
- Solos de cerrado: mesmo aqueles classificados como de textura fina, devem ser considerados, para efeito dos cálculos de irrigação, como de textura média.

**Passo 4:** Determinar o turno de rega (TR) para cada estágio da cultura.

Durante o estágio inicial, o turno de rega é determinado na Tabela 2, a partir da ETc e da textura do solo. Para os demais estágios, TR é obtido na Tabela 3, conforme a ETc, textura do solo e profundidade efetiva das raízes.

**Passo 5:** Determinar a lâmina de água real necessária (LRN, mm) a ser aplicada a cada irrigação pela seguinte equação:  $LRN = TR \times ETc$ .

No caso de ocorrência de chuva, deve-se postergar a data da irrigação ou descontar a precipitação efetiva (parte da chuva que fica disponível no solo para as plantas).

**Passo 6:** Determinar a eficiência do sistema de irrigação (Ei).

Caso não se disponha da eficiência do sistema de irrigação utilizado, determinada em condições de campo, esta pode ser estimada tendo como referência intervalos comuns de eficiência para diferentes sistemas e condições de operação.

Valores frequentemente encontrados no campo variam de 55% a 65% para aspersão convencional portátil, 60% a 70% para convencional semiportátil, 65% a 80% para convencional fixo, 60% a 75% para autopropelido e 75% a 85% para pivô central. Os valores maiores são observados em sistemas bem dimensionados, com manutenção adequada e operando em condições de vento fraco. Ademais, melhor eficiência é alcançada quanto maior o tempo de irrigação e a lâmina de água aplicada. Não é incomum encontrar sistemas operando com eficiências ainda inferiores das relatadas acima.

**Passo 7:** Determinar a lâmina de água total necessária (LTN, mm) a cada irrigação pela seguinte

equação:  $LTN = 100 \times LRN / Ei$ , aonde Ei é a eficiência de irrigação (%).

**Passo 8:** Calcular o tempo de irrigação (Ti, min).

Para aspersão convencional é determinado por:  $Ti = 60 \times LTN / I_a$ , aonde  $I_a$  é a intensidade de aplicação do sistema (mm/h). A intensidade de aplicação varia com o diâmetro de bocal, pressão de serviço e espaçamento entre aspersores, podendo ser obtida no catálogo técnico do aspersor ou em testes de campo. Para não causar problemas de escoamento superficial e de erosão, não pode ser maior que a velocidade de infiltração básica do solo.

Para pivô central deve-se selecionar a velocidade de deslocamento das torres, dada em percentagem, para o equipamento aplicar uma lâmina igual ou ligeiramente superior ao valor calculado de LTN. No caso do autopropelido, deve-se ajustar a velocidade de deslocamento capaz de aplicar a lâmina total requerida.

**Passo 9:** Estabelecer a época de paralisação das irrigações.

Paralisar as irrigações antes da colheita dos tubérculos, além de não afetar a produtividade, permite a colheita de batatas mais limpas, melhor fixação da película e melhor conservação pós-colheita de tubérculos. Em geral, as irrigações devem ser paralisadas de 3 dias a 10 dias antes da colheita, após a aplicação de desfolhante às plantas, sendo o menor valor para solos com baixa retenção de água e condições de alta demanda evaporativa (Tabela 2). Caso haja risco de ataque de traça-comum aos tubérculos, deve-se irrigar até próximo à colheita.

### Método do tato-aparência

Alguns produtores decidem o momento de irrigar suas lavouras a partir da avaliação visual da umidade do solo, geralmente na camada superficial. Esta avaliação, no entanto, não fornece qualquer informação confiável sobre a real disponibilidade de água na zona radicular da cultura, a menos que as plantas de batata encontrem-se no estágio inicial de desenvolvimento, período em que as raízes das plantas são superficiais.

Uma precisão minimamente aceitável sobre a disponibilidade de água no solo para as plantas

pode ser alcançada amostrando-se o solo entre 30% e 50% da profundidade efetiva das raízes. A amostragem deve ser realizada próximo à planta e em pelo menos três pontos representativos da área, utilizando-se, de preferência, um trado tipo meia-cana com diâmetro entre 20 mm e 25 mm (Figura 13).



**Figura 13.** Trado tipo meia-cana para a amostragem e avaliação da disponibilidade de água no solo.

Um guia prático e interpretativo que possibilita ao usuário estimar a quantidade de água disponível no solo, e, conseqüentemente, a necessidade de irrigação, por meio de observações da consistência (tato) e da aparência visual do solo (Figura 14), é apresentado na Tabela 4.



**Figura 14.** Avaliação da disponibilidade de água no solo por meio de observações de sua consistência (tato) e aparência visual: a) solo com 75-100% de água disponível (úmido); b) solo com 25-50% de água disponível (moderadamente seco).

**Tabela 4.** Guia prático para estimativa da água disponível no solo (AD), conforme a textura, consistência e aparência visual do solo.

AD (%)	Textura			
	Grossa	Moderadamente grossa	Média	Moderadamente fina e Fina
0 – 25	Seco, solto, escapa entre os dedos	Seco, solto, escapa ente os dedos	Seco, por vezes formando torrão que raramente se conserva	Duro, esturricado, às vezes com grânulos soltos na superfície
25 – 50	Seco, não forma torrão	Sinais de umidade, mas não forma torrão	Forma torrão, algo plástico, mas com grânulos	Maleável, formando torrão
50 – 75	Seco, não forma torrão	Tende a formar torrão que raramente se conserva	Forma torrão, algo plástico, que às vezes desliza entre os dedos ao ser comprimido	Forma torrão que desliza entre os dedos na forma de lâmina ao ser comprimido
75 – 100	Tende a se manter coeso; às vezes forma torrão que se rompe facilmente	Forma torrão que se rompe facilmente e não desliza entre os dedos	Forma torrão muito maleável que desliza facilmente entre os dedos	Ao ser comprimido desliza entre os dedos na forma de lâmina escorregadiça
100 (CC <sup>1</sup> )	Ao ser comprimido não perde água, mas umedece a mão	Ao ser comprimido não perde água, mas umedece a mão	Ao ser comprimido não perde água, mas umedece a mão	Ao ser comprimido não perde água, mas umedece a mão

<sup>(1)</sup> CC = capacidade de campo.  
Obs.1: o torrão se forma comprimindo-se fortemente um punhado de solo com a mão.  
Obs.2: o solo desliza entre os dedos polegar e indicador ao ser comprimido e ao ser esfregado entre os dedos.  
Obs.3: a amostra de solo a ser avaliada deve ser retirada na camada de solo equivalente a 30% e 50% da profundidade radicular efetiva.  
Fonte: adaptado de Irrigation... (1959) e Marouelli *et al.* (2011).



As regas por aspersão devem ser realizadas quando a água disponível no solo ( $A_D$ ) estiver entre 50% e 75% ou até mesmo tendendo para a faixa entre 75% e 100%. Em locais com histórico de infestação de patógenos de solo deve-se irrigar de forma menos frequente para manter a camada superficial do solo mais seca e, conseqüentemente, minimizar a ocorrência da doença. Sob tais condições, irrigar durante o estágio vegetativo quando  $A_D$  estiver entre 25% e 50%; entre 50% e 75% nos demais estádios.

Para usuários que não dispõem de informações, nem mesmo de ordem prática, sobre a capacidade de retenção de água do solo existente em sua propriedade, a lâmina total de irrigação (LTN, mm) pode ser estimada a partir da Tabela 5 utilizando-se a seguinte equação:  $LTN = 100 \times (A_{FD} \times Z)/E_i$ , onde  $A_{FD}$  é a quantidade de água facilmente disponível no solo (mm/cm) e  $Z$  é a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura (cm).

**Tabela 5.** Quantidade média de água facilmente disponível no solo ( $A_{FD}$ ), conforme a textura, percentagem de água disponível (AD) e tensão de água no solo no momento da irrigação.

	Textura <sup>(1)</sup>		
	Grossa	Média	Fina
AD (%)	$A_{FD}$ (mm/cm)		
75-100	0,10	0,15	0,25
50-75	0,20	0,45	0,75
25-50	0,35	0,75	1,25
0-25	0,45	1,25	1,75
Tensão (kPa)	$A_{FD}$ (mm/cm)		
10	0,15	0,22	0,25
15	0,20	0,32	0,45
20	0,23	0,42	0,60
25	0,25	0,48	0,70
30	0,28	0,54	0,80
40	0,33	0,66	0,90
50	0,35	0,72	1,00

<sup>(1)</sup> Solos de textura fina de cerrado devem ser considerados, para efeito de retenção de água, como sendo de textura média. Solos arenosos podem ser considerados de textura grossa, enquanto os argilosos são de textura fina.  
Fonte: adaptado de Marouelli (2008), Marouelli & Calbo (2009) e Marouelli *et al.* (2011).

### Método simplificado da tensão de água no solo

A tensão de água é uma característica do solo que expressa a “força” com que a água está retida à suas partículas. Quanto maior a umidade do solo, menor é a tensão com que a água está retida e mais fácil é para as raízes das plantas retirarem água do solo. A tensão-limite de água no solo para a batata depende de vários fatores, como do estágio de desenvolvimento das plantas, sistema de irrigação e tipo de solo.

Para a maior produtividade de batatas, as regas devem ser realizadas sempre que a tensão de água no solo atingir de 25 kPa a 40 kPa durante os estádios inicial, vegetativo e de maturação, e de 15 kPa a 25 kPa durante os estádios de estolonização e início de tuberação e de crescimento de tubérculos, sendo o menor valor recomendado para solos mais arenosos. A tolerância ao estresse hídrico pode variar entre cultivares, mas não se dispõe de informações seguras sobre tensões-limite para cultivares específicas. Sabe-se, por exemplo, que a cultivar Ágata é mais sensível à deficiência hídrica que as cultivares Jaette-Bintje e Atlantic, e que a cultivar Monalisa apresenta sensibilidade intermediária.

Em áreas com problemas de doenças de solo deve-se aumentar o intervalo entre irrigações para manter a camada superficial do solo mais seca. Nesses casos, considerar as tensões-limite de 20 kPa a 30 kPa para solos arenosos, de 30 kPa a 40 kPa para solos francos e de 40 kPa a 60 kPa para solos argilosos, sendo os menores valores para os estádios mais sensíveis à falta de água.

A medição direta ou indireta da tensão de água no solo pode ser feita com diferentes tipos de sensores. Tensiômetros (Figuras 15 e 16) são os sensores mais frequentemente utilizados por produtores para o manejo de água. Entretanto, apresentam custo relativamente elevado, requerem treinamento do usuário e apresentam problemas de funcionamento, mesmo quando adequadamente instalados e mantidos.

O Irrigas® (Figura 17), diferentemente do tensiômetro, é um sensor simples e de fácil operação pelo agricultor, que apresenta boa precisão, é de baixo custo (20% a 40% do valor

Foto: Waldir A. Marouelli



**Figura 15.** Tensiômetros com vacuômetro metálico tipo Bourdon para medição da tensão de água no solo.

Foto: Waldir A. Marouelli



**Figura 16.** Tubos tensiométricos e tensímetro digital para medição da tensão de água no solo.

Foto: Waldir A. Marouelli



**Figura 17.** Sistema Irrigas® na sua forma básica, incluindo cápsula porosa (sensor), tubo de plástico flexível e cuba de leitura, para avaliação da tensão de água no solo.

do tensiômetro) e praticamente não requer manutenção. O sensor foi desenvolvido pela Embrapa e está disponível comercialmente nas versões de 15 kPa, 25 kPa e 40 kPa.

A decisão sobre quando irrigar deve ser feita com base na avaliação diária de sensores Irrigas® instalados entre 30% e 50% da profundidade radicular efetiva, em pelo menos três locais representativos da área (estações de controle de irrigação). Nessas estações devem-se instalar sensores Irrigas® com tensão de referência próxima da tensão-limite recomendada para a cultura. Para batata irrigada por aspersão em solo arenoso ou argiloso de cerrado, por exemplo, poderia ser utilizado Irrigas® de 15 kPa durante os estádios de estolonização e início de tuberização e de crescimento de tubérculos e de 25 kPa durante os estádios vegetativo e de maturação. Para solos argilosos recomenda-se utilizar Irrigas® de 25 kPa durante os estádios mais sensíveis à deficiência hídrica e de 40 kPa nos demais.

Os sensores devem ser instalados entre 10 cm e 30 cm da planta, dependendo do estágio de desenvolvimento da cultura. As leituras dos sensores devem ser realizadas preferencialmente pela manhã, visitando-se diariamente cada estação de controle.

A quantidade de água a ser aplicada a cada irrigação é função da capacidade de retenção de água pelo solo e da profundidade efetiva radicular das plantas de batata. Para produtores que não dispõem de informações sobre a retenção de água do solo em sua propriedade, a lâmina de irrigação pode ser estimada a partir dos dados de água facilmente disponível ( $A_{FD}$ ) apresentados na Tabela 5, utilizando-se da mesma equação apresentada no método anterior. Sensores Irrigas® de 25 kPa, instalados entre 100% e 120% da profundidade efetiva, possibilitam ao produtor ajustar, de forma interativa, a lâmina de água aplicada a cada irrigação.

Maiores informações sobre manejo de água com sensores Irrigas® podem ser obtidas na Circular Técnica 69, publicada em 2009 pela Embrapa Hortaliças ([www.cnph.embrapa.br/paginas/bbeletronica/versaomodelo/html/2009/ct/ct\\_69.shtml](http://www.cnph.embrapa.br/paginas/bbeletronica/versaomodelo/html/2009/ct/ct_69.shtml)).



Métodos com base em medidas climáticas

Devido às dificuldades com a obtenção da ETc por medições diretas e exatas, em condições de campo, métodos indiretos são utilizados para a estimativa da evapotranspiração de referência (ETo). Utilizando-se coeficientes de cultura (Kc), ajustados especificamente para batata (Tabela 6), pode-se determinar a ETc para os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura pela seguinte relação:  $ETc = Kc \times ETo$ .

A ETo pode ser estimada por meio de equações, empíricas ou não, a partir de dados climáticos, como os de radiação solar, temperatura, UR e evaporação de água. Para o manejo de irrigação em tempo real, a ETo pode ser determinada a partir de equações como a de “Penman-Monteith-FAO”, utilizando estações agrometeorológicas automáticas (Figura 18), ou da evaporação do tanque classe A (Figura 19).

O conhecimento da ETc não possibilita, por si só, estimar, de forma direta, quando irrigar, mas apenas a quantidade de água a ser aplicada a cada irrigação. O momento de se irrigar depende também da capacidade de retenção de água do solo. Pode-se adotar turno de rega fixo ou variável. No primeiro caso, o turno de rega é estabelecido, previamente

para cada estágio da cultura, pela relação entre a lâmina de água no solo facilmente disponível às plantas e a ETc média histórica. No caso de turno de rega variável, o momento de se irrigar é estabelecido, em tempo real, a partir do balanço de água no solo ou com base na avaliação da tensão ou da disponibilidade de água no solo. O balanço de água pode ser realizado manualmente, por meio de uma planilha eletrônica ou de programa computacional. Para maiores informações sobre métodos de manejo climáticos em tempo real o leitor deverá consultar publicações mais detalhadas.

A grande limitação dos métodos de manejo com base no balanço de água no solo está na precisão da estimativa da ETc, dependente da equação e da fidelidade dos valores de Kc utilizados. Como Kc pode ser afetado por diversos fatores, como sistema de cultivo, condições climáticas, sistema de irrigação, manejo de água e cultivar, deve-se utilizar, quando disponíveis, coeficientes determinados para condições específicas. Para se evitar erros cumulativos na estimativa da ETc e permitir ajustes nos valores de Kc a serem utilizados na safra seguinte é recomendado realizar avaliações periódicas da disponibilidade de água no solo ao longo do ciclo da cultura.

Tabela 6. Coeficiente de cultura (Kc) conforme o estágio de desenvolvimento da batata.

Inicial	Vegetativo	Estolonização e início de tuberização	Crescimento de tubérculos	Maturação
0,45 - 0,55	0,45 - 0,55	0,75 - 0,85	1,00 - 1,10	0,65 - 0,75

Fonte: Adaptado de Sanchez *et al.* (1988), Franke & König (1994), Allen *et al.* (1998) e Marouelli & Fontes (2011).



Figura 18. Estação agrometeorológica para medição das variáveis climáticas necessárias para a determinação da evapotranspiração de referência (ETo) pelo método de Penman-Monteith-FAO.



Figura 19. Tanque USWB classe A, com poço tranquilizador e micrometro de gancho, para medição da evaporação de água.

O conhecimento antecipado da data das irrigações, pré-definindo turnos de regas fixos para cada estágio da cultura, possibilita que as práticas culturais e outras atividades na propriedade possam ser planejadas antecipadamente. Sobretudo para o agricultor é altamente desejável manejar a irrigação a partir de turnos de rega fixos, visto que as irrigações e os tratamentos fitossanitários na batata são relativamente frequentes. Esse problema é crítico na irrigação por aspersão, onde a água aplicada sobre as folhas pode interferir negativamente no controle químico de insetos e de doenças da parte aérea. Assim, métodos de manejo que possibilitem a adoção de calendários fixos de irrigação podem ser mais apropriados aos bataticultores.

Maiores informações sobre o presente método podem ser obtidas no capítulo “Manejo da água de irrigação” do livro “Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças”, publicado em 2012 pela Embrapa Informação Tecnológica.

## Referências

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 328 p. (Irrigation and Drainage Papers, 56).

FRANKE, A. E.; KONIG, O. Determinação do coeficiente de cultura (Kc) da batata (*Solanum tuberosum* L.), nas condições edafoclimáticas de Santa Maria/RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 4, p. 625-630, 1994.

**IRRIGATION on western farms**. Washington, DC: Soil Conservation Service, 1959. 53 p. (Agricultural Information Bulletin, 199).

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 26, n. 1, 2013.

MARQUELLI, W. A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 15 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 57).

MARQUELLI, W. A.; FONTES, P. C. R. Irrigação e fertirrigação na cultura da batata. In: SOUSA, V. F.; MARQUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 553-584.

MARQUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F.; MARQUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 157-232.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 150p.

MARQUELLI, W.A.; CALBO, A.G. **Manejo de irrigação em hortaliças com sistema Irrigas®**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. 16 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 69).

SANCHEZ, A. M.; ROQUE, R.; BERNAL, P. L. Evapotranspiración máxima y coeficientes bioclimáticos en dos variedades de papa ('Desiree' y 'Kondor'). **Ciencia y Técnica en la Agricultura. Riego y Drenaje**, v. 11, n. 1, p. 55-71, 1988.

### Circular Técnica, 130

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na Embrapa Hortaliças  
Rodovia BR-060, trecho Brasília-Anápolis, km 9  
C. Postal 218, CEP 70.351.970 – Brasília-DF  
Fone: (61) 3385.9000  
Fax: (61) 3556.5744  
E-mail: cnph.sac@embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2013): 1.000 exemplares

### Comitê de Publicações

**Presidente:** Warley Marcos Nascimento

**Editor Técnico:** Fábio Akiyoshi Suinaga

**Supervisor Editorial:** George James

**Secretária:** Gislaíne Costa Neves

**Membros:** Mariane Carvalho Vidal, Jadir Borges Pinheiro, Ricardo Borges Pereira, Ítalo Moraes Rocha Guedes, Carlos Eduardo Pacheco Lima, Marcelo Mikio Hanashiro, Caroline Pinheiro Reyes, Daniel Basílio Zandonadi

### Expediente

**Normalização bibliográfica:** Antonia Veras

**Editoração eletrônica:** André L. Garcia